

TIE-JA VESIRAKENNUSLAITOS
LAPIN PIIRI

SORATEIDEN KULUTUSKERROS- MATERIAALITUTKIMUS



TIMO SAARENKETO
KAUKO KAARNINEN

1988

08
TIE-



89 07 16

SORATEIDEN KULUTUSKERROSMATERIAALITUTKIMUS

SISÄLLYS	SIVU
1. TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET	1
2. TUTKIMUSMENETELMÄT	2
3. TUTKIMUSTULOKSET	10
4. TULOSTEN TARKASTELU	18
5. YHTEENVETO	25

SORATEIDEN KULUTUSKERROSMATERIAALITUTKIMUS

1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Sorapintaisten maanteiden osuus maamme tiestöstä on ollut viime vuosikymmenien aikana vähenemässä kasvavien päällystysmäärien myötä. Tämä kehitys on johtanut ajanoloon siihen, että kiinnostus sorateiden kulutuskerrokseen sekä kunnossapitomenetelmiin on vähentynyt ja ammattitaito on osin jopa unohtunut.

Tielaitoksessa kävi kuitenkin 1980-luvun taitteessa selväksi, että kaikkia sorateita ei päällystetä vaan soratiet tulevat säilymään pitkälle 2000-luvulle maamme tieverkossa. Tämän seurauksena useat piirit käynnistivät tutkimuksia oman soratieverkkonsa laadusta. Lisäksi TVH:ssa tehtiin eräitä selvityksiä sorateiden kulutuskerrosmateriaaleista sekä hoitototoimenpiteistä.

Tie- ja vesirakennuslaitoksen Lapin piirissä tutkimukset käynnistyivät tekn.yo Hilikka Piipon Oulun yliopistossa tekemällä diplomityöllä, joka käsitteli sorateiden kulutuskerroksen laatuun ja kulumisominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä Lapin oloja silmällä pitäen. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös sorateiden kulutuskerroksen laatua 1983-84. Tulosten mukaan Lapin piirin kuntoluokkakakeskiarvo oli 1983 2,7 ja 1984 3,1. Samaan aikaan suoritti TVH asiasta myös valtakunnallisen selvityksen, jonka mukaan Lapin piirin kuntoluokkakakeskiarvo oli 1984 3,2, kun se oli koko maassa keskimäärin 3,0.

Hilikka Piipon tutkimuksessa todettiin edelleen, että Lapin piirissä tarvitaan selkeä soratiepolitiikka, jonka mukaan kulutuskerroksia hoidetaan ja uusitaan. Lisäksi tutkija kehoitti Kainuun piirin kokemuksiin viitaten lisäämään moreenimurskeiden käyttöä sorateiden kulutuskerroksissa.

Tutkimuksen jälkeen laadittiin piirin kunnossapitotoimialalla sorateiden hoidon ja kunnossapidon hoito-ohjelma, johon olennaisena osana liittyi myös kaikkien toimialan sorateita hoitavan työnjohdon ja kuljettajien koulutusohjelma. Tämä koulutusohjelma vietiin läpi vuosina 1985-87. Varsinainen sorateiden kunnostusohjelma lähti käyntiin piirin kirjeellä Pk-736 9.2.1987, jolloin tiemestaripiireille annettiin ohjeet kunnostusohjelmanlaatimisesta.

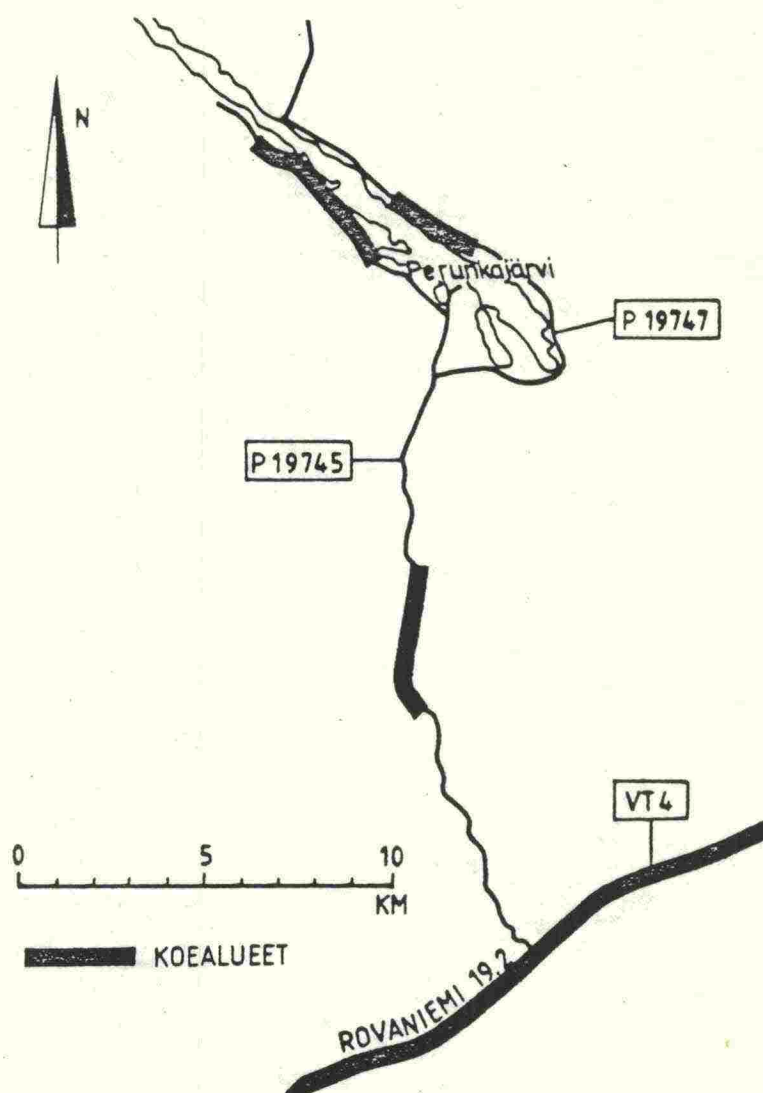
Piirissä vallitsi kuitenkin erilaisia käsityksiä niistä materiaaleista ja kunnostusmenetelmistä, mitkä vaikuttavat soratien laatuun. Keskustelua käytiin erityisesti aiheista: murskeiden laatu ja rakeisuus, tiivistämisen merkitys sekä sivukaltevuudet. Tämän vuoksi piirissä perustettiin 30.5.1986 sorateiden kulutuskerrostutkimusryhmä, jonka tavoitteena oli löytää Lapin sorateiden kulutuskerroksille sopivia materiaaleja sekä kehittää erilaisille soratietyypeille soveltuvia kunnossapitotoimenpiteitä. Työryhmän jäseninä olivat: Juhani Kuisma (vetäjä), Irma Saariniemi, Timo Saarenketo, Matti Puhakka, Pekka Auno ja Kauko Kaarninen.

Tässä tutkimusraportissa raportoitavat tutkimukset suoritettiin kesien 1986-, 87 ja 88 aikana ja tutkimusmateriaali käsiteltiin syksyllä 1988. Raportin laativat geologi Timo Saarenketo ja rkm. Kauko Kaarninen ja siihen ovat tehneet huomautuksia muut työryhmän jäsenet sekä kunnossapitopäällikkö Tapani Pöyry ja piiri-insinööri Sauli Niku-Paavo.

2. Tutkimusmenetelmät

2.1. Koealueiden valinta ja ennakkotutkimukset

Koealueita valittaessa pyrittiin etsimään alue, jossa Lapin sorateiden perustyyppit olisivat hyvin edustettuna. Koealueiden rakentamisen ja tarkkailun takia niiden tulisi olla myös suppeahkolla alueella ja lähellä Rovaniemeä. Tällainen alue löytyikin paikallisteiden 19745 ja 19747 varsilta Perunkajärven ympäristössä, noin 40 km Rovaniemeltä pohjoiseen päin (kuva 1).



Kuva 1. Koealueiden sijainti

Paikallistie 19747 eli Perunkajärven itäpuolinen tie oli rakennettu kuivarunkoinen soratie. Paikallistie 19745 oli puolestaan kostearunkoinen rakentamaton tie, jossa oli myös routivia tieosia. Teiden leveydet olivat 4 m ja liikennemäärät vuonna 1988 139 (KVL). Molemmat paikallistiet olivat kulutuskerroksen uusimisen tarpeessa (kuva 2).

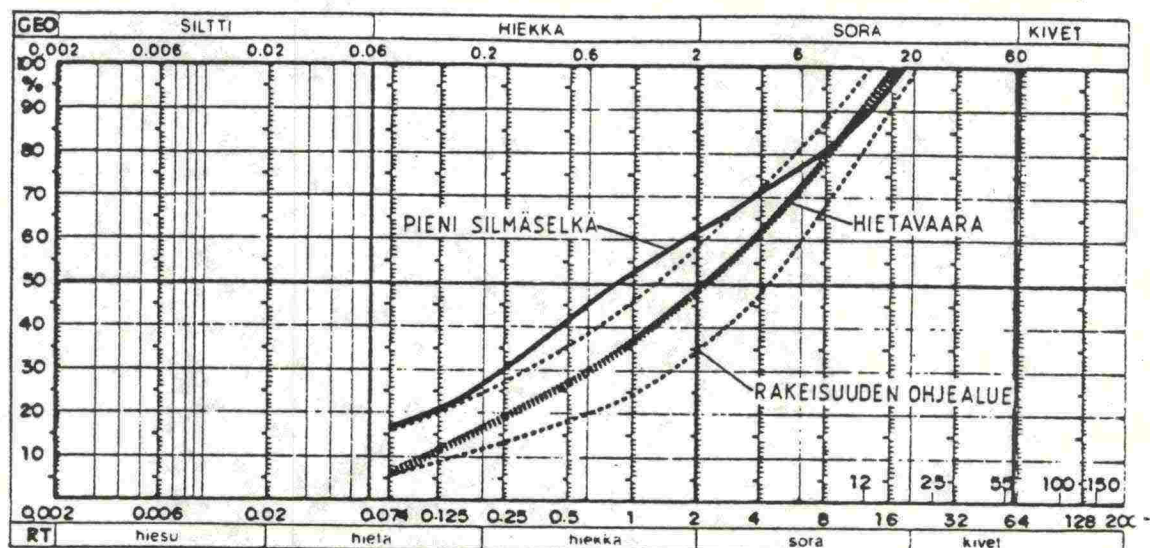


Kuva 2. Tyypillinen koealue ennen kulutuskerroksen rakentamista, jossa on reunapalle, kulutuskerros puuttuu, pinta tiivistämättä ja pieni sivukaltevuus.



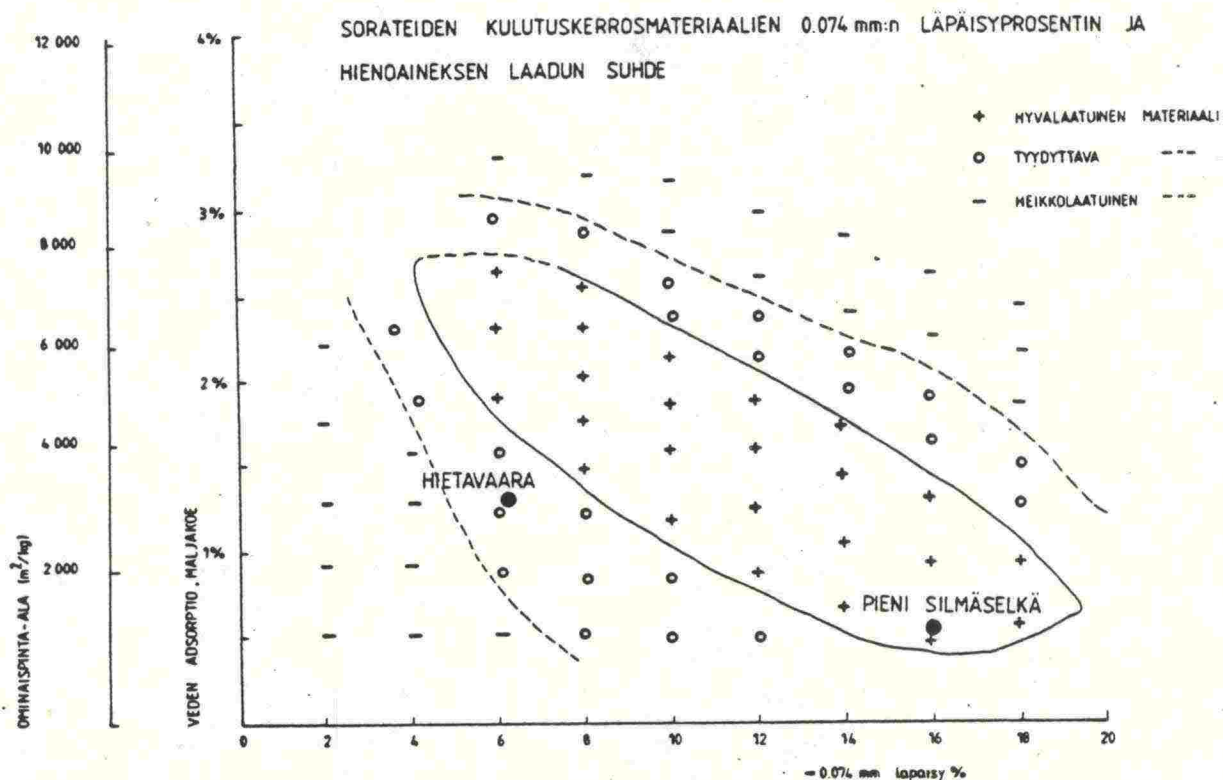
Kuva 3. Pieni Silmäselän moreenialue. Etualalla olevassa kasassa on tyypillistä alueen moreenia ennen murskausta.

Tutkittaviksi kulutuskerrosmateriaaleiksi valittiin erilaisen rakeisuuskoostumuksen omaavat soramurske ja moreenimurske. Soramurske oli peräisin Hietavaarasta, jossa murskataan mm. valtaosa Rovaniemen kaupungin sorapintaisten katujen kulutuskerroksista. Moreenimurske murskattiin Perunkajärven lähistöllä olevasta Pieni Silmäselkä-nimisestä kumpumoreenimuodostumasta, joka oli tutkittu piirin maa-ainesryhmän toimesta (kuva 3). Murskeiden rakeisuusjakaumat on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Kuvassa on sorakulutuskerroksen rakeisuuden ohjealue. Pieni Silmäselän sekä Hietavaaran rakeisuusjakaumien keskiarvokäyrät.

Sorateiden kulutuskerrosmateriaaleja tutkittaessa tutkitaan Lapin piirissä rutiininomaisesti myös hienoaineksen (0.074 mm) veden adsorptio. Nämä mittaustulokset olivat Hietavaaran murskeella 1,3 % ja Pieni Silmäselän murskeella 0,5 %. Murskeiden hienoaineksen laatu Lapin piirissä tehdyn luokituksen mukaan ilmenee kuvasta 5.



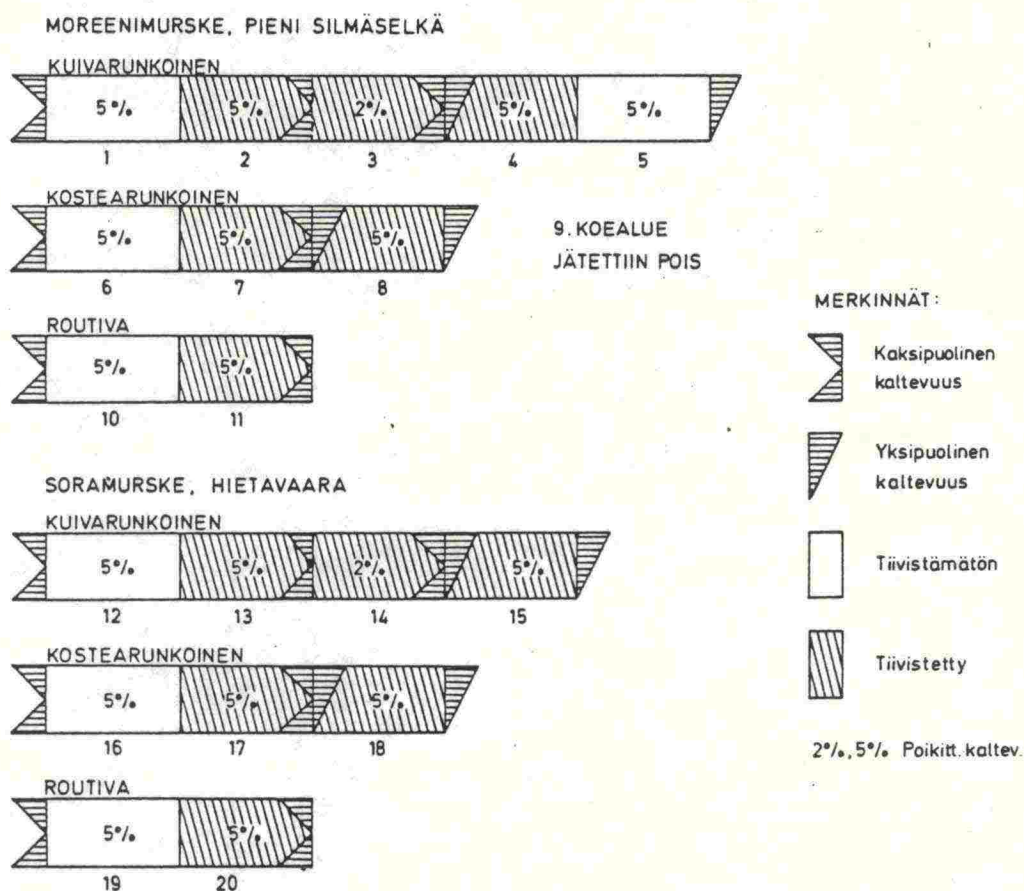
Kuva 5. Murskeen hienoaineksen (0,074 mm) veden adsorptio on yksi sorakulutuskerrosmateriaalin laatuluokitusperuste Lapin piirissä.

2.2 Koealueiden tekeminen

Koealueita tehtiin Perunkajärven ympäristöön kesäkuun alussa 1987 kaikkiaan 19 kpl kuvan 6 osoittamalla tavalla. Tiivistettävät koealueet jyrättiin piirin konekorjaamon valmistamalla kumipyöräjyrällä, jota hinattiin kuorma-autolla (kuva 7). Sivukaltevuudet tarkistettiin kaltevuusmittarilla. Kulutuskerrosten kerrospaksuudeksi pyrittiin tekemään 3-4 cm ja tiesuola (CaCl) levitettiin koealueille 1 t/km (vrt. TVH:n ohje 743939 s. 6).

Keväällä 1988 koealueet kunnostettiin uudelleen, jolloin tiivistettävät kohteet tiivistettiin ja sivukaltevuudet tarkistettiin. Molempina vuosina pyrittiin siihen, että koealueille ei tehty kevätkunnostusten jälkeen mitään kunnossapitotoimenpiteitä. Jos liikennöitävyyden vuoksi niitä kuitenkin jouduttiin tekemään, on siitä maininta tulosten yhteydessä.

SORATEIDEN KULUTUSKERROSTUTKIMUS, KOEALUEET



Kuva 6. Koealueet rakennettiin kuvan osoittamalla tavalla.



Kuva 7. Hinattava kumipyöräjäyrä.

Koealueiden rakentamisessa koettiin ongelmaksi se, että koealueet olivat lyhyitä (n. 200 m), jolloin niiden tekeminen ja myöhemmin myös kuntoluokitus oli hankalaa. Lisäksi rakentamat toman tierungon pehmeys keväällä etenkin tien reunoilla vaikeutti tien höyläystä ja jyräystä.

2.3 Seuranta ja näytteenotto

Koealueiden kunnon seurannan suoritti tiemestari normaalien kunnossapitotarkastusten yhteydessä. Seuranta suoritettiin kesällä 1987 keskimäärin kahden viikon välein. Kesällä 1988 seuranta tehtiin vasta kun koealueiden kunnossa oli tapahtunut merkittävämpiä muutoksia. Koealueiden kunnon luokitus tehtiin Sorateiden kulutuskerroksen kuntoluokitus-ohjeen (TVH 743921) mukaan. Esimerkki luokituslomakkeesta on esitetty taulukossa 1.

Koeal. Nro	Kl.	Huom
1	5	kiinteä, tasainen
2	4	kiinteä, reunoilla vähän irtoja, tasainen
3	4	kiinteä, keskellä ja reunoissa vähän irtoja, tasainen
4	4	kiinteä, muutama vesikuoppa
5	4	kiinteä, ulkoreunoissa irtoja
6	4	kiinteä, tasainen
7	5	kiinteä, tasainen
8	4	kiinteä, tasainen
10	4	ajourien ulkop. irtoja
11	4	kiinteä
12	3	tasainen, irtoja, urautunut
13	3	tasainen, irtoja
14	3	tasainen, irtoja
15	3	irtoja, vesikuoppia
16	4	reunoissa ja keskellä vähän irtoja, tasainen
17	3	reunoissa ja keskellä irtoja, tasainen
18	4	reunoissa ja keskellä irtoja, ajourat kiinteät, tasaiset
19	3	pinta tasainen, irtoja kauttaaltaan
20	3	ajourien ulkop. irtoja, vesikuoppia

Taulukko 1. Laatuluokitus viikolla 34 vuonna 1987.

Luokituksen lisäksi koealueet valokuvattiin kesällä 1987, syksyllä 1987, keväällä 1988 ja syksyllä 1988.

Kulutuskerroksen rakeisuuksia tutkittiin ottamalla näytteet teistä ennen rakentamista 1987 ja kulutuskerroksen rakentamisen jälkeen syksyllä 1987. Näytteitä otettiin 4 kpl/koealue siten, että 2 näytettä otettiin ajourista ja 2 näytettä reunoista.

Syksyllä 1987 mitattiin kulutuskerrosten paksuudet sekä päällysteen kaltevuus.

3. Tutkimustulokset

3.1 Kuntoluokka

Koekohteiden keskimääräiset kuntoluokat tarkastusajankohtina on esitetty taulukossa 2.

YHTEENVETO 1987

Koealue Nro	Viikko/Kuntoluokka								Ka.
	25	27	29	31	32	34	42	44	
1.Mr,kuivar,5%	5	5	4	4	4	5	4	4	4,4
2.Mr,kuivar,5% tiiv	5	4	5	4	3	4	4	4	4,1
3.Mr,kuivar,2% tiiv	5	5	5	4	3	4	4	4	4,25
4.Mr,kuivar,yksip,5% ti	4	5	4	4	4	4	5	5	4,4
5.Mr,kuivar,yksip,5%	4	4	3	4	4	4	5	5	4,1
6.Mr,kostear,5%	5	5	4	4	4	4	4	4	4,25
7.Mr,kostear,5% tiiv	5	5	4	4	4	5	4	4	4,4
8.Mr,kost,yksip,5% tiiv	5	5	5	4	4	4	4	4	4,4
10.Mr,routivar,5%	5	5	4	4	3	4	3	3	3,9
11.Mr,routivar,5% tiiv	5	5	4	4	4	4	3	3	4,0
12.Sr,kuivar,5%	4	3	3	3	3	3	4	4	3,4
13.Sr,kuivar,5% tiiv	4	3	3	3	3	3	4	3	3,25
14.Sr,kuivar,2% tiiv	4	3	3	3	3	3	4	4	3,4
15.Sr,kuiv,yksip,5% tii	4	3	3	3	3	3	4	4	3,4
16.Sr,kostear,5%	5	5	4	4	3	4	3	3	4,0
17.Sr,kost,5% tiiv	5	5	4	3	3	3	3	3	3,6
18.Sr,kost,yksip,5% tii	5	5	3	3	3	4	4	4	3,9
19.Sr,routivar,5%	5	3	3	3	3	3	3	3	3,25
20.Sr,rout,5% tiiv	5	4	3	3	4	3	3	3	3,5

Koealueet on kunnostettu viikolla 41.

YHTEENVETO 1988

Koealue Nro	Viikko/Kuntoluokka				Ka.
	23	27	30	35	
1.Mr,kuivar,5%	4	4	4	4	4,0
2.Mr,kuivar,5% tiiv	5	5	5	4	4,75
3.Mr,kuivar,2% tiiv	4	4	4	4	4,0
4.Mr,kuivar,yksip,5% ti	4	4	4	höyl.	4,0
5.Mr,kuivar,yksip,5%	4	3	4	höyl.	3,67
6.Mr,kostear,5%	5	5	5	5	5,0
7.Mr,kostear,5% tiiv	5	5	5	4	4,75
8.Mr,kost,yksip,5% tiiv	5	4	3	4	4,0
10.Mr,routivar,5%	4	5	5	4	4,5
11.Mr,rout,5% tiiv	5	4	4	4	4,25
12.Sr,kuivar,5%	4	3	3	3	3,25
13.Sr,kuivar,5% tiiv	5	4	4	3	4,0
14.Sr,kuivar,2% tiiv	4	4	4	3	3,75
15.Sr,kuiv,yksip,5% tii	3	3	3	höyl.	3,0
16.Sr,kostear,5%	4	4	4	höyl.	4,0
17.Sr,kost,5% tiiv	5	4	4	4	4,25
18.Sr,kost,yksip,5% tii	5	4	4	3	4,0
19.Sr,routivar,5%	5	4	4	3	4,0
20.Sr,rout,5% tiiv	4	4	4	3	3,75

Taulukko 2. Yhteenveto kuntoluokituksista.

Valokuvakoosteet eräistä koealueista on esitetty kuvissa 8 ja 9. Taulukossa 3 on esitetty havaintojaksojen välisenä aikana mitatut sademäärät läheisellä Apukan havaintoasemalla.

Vuosi 1987

Viikko	Sade mm
25	0
27	45
29	16
31	57
32	16
34	33
42	98
44	13

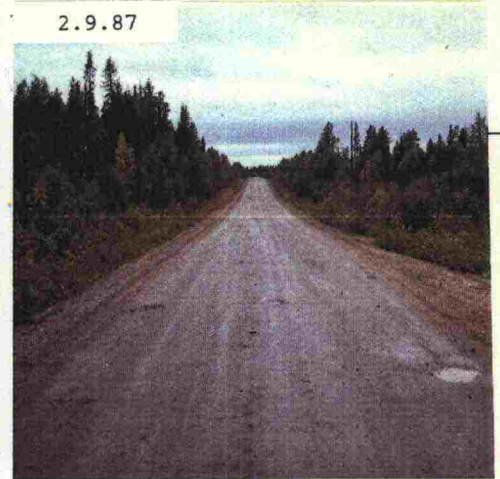
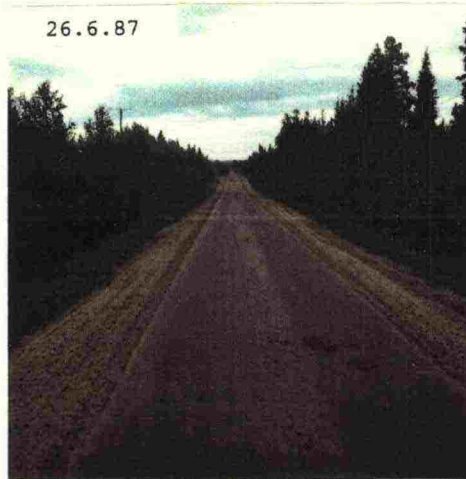
Vuosi 1988

Viikko	Sade mm
23	0
27	12
30	32
35	82

Taulukko 3. Sademäärät havaintojaksojen aikana Apukan havaintoasemalla.

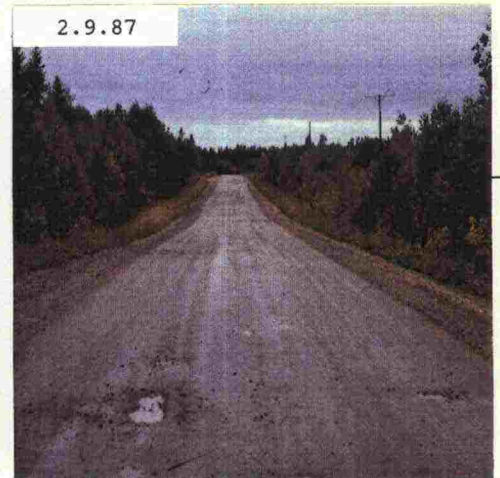
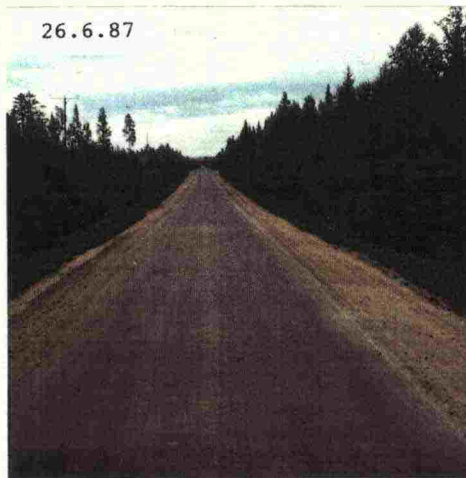
KOEALUE 1

MrM - kulutuskerros
kuivarunkoisella tiellä,
sivukaltevuus 5%,
tiivistämätön



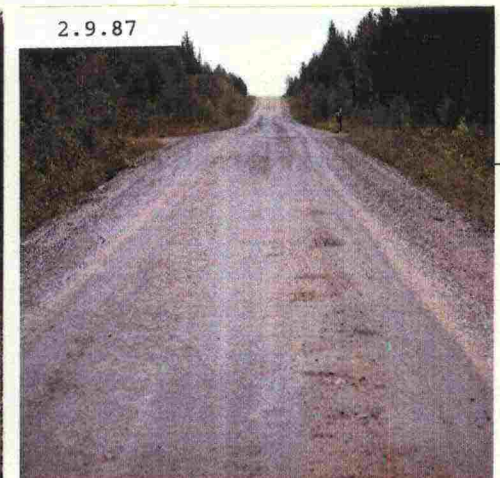
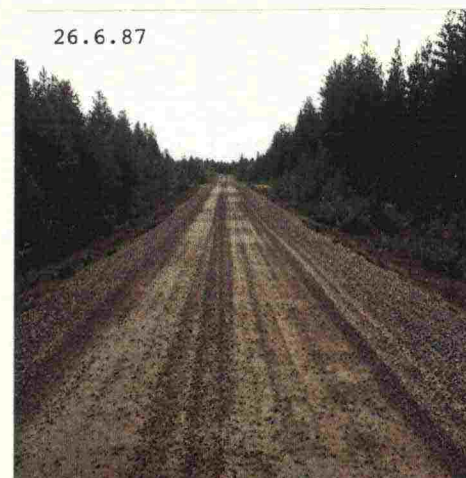
KOEALUE 2

MrM - kulutuskerros
kuivarunkoisella tiellä,
sivukaltevuus 5%,
tiivistetty



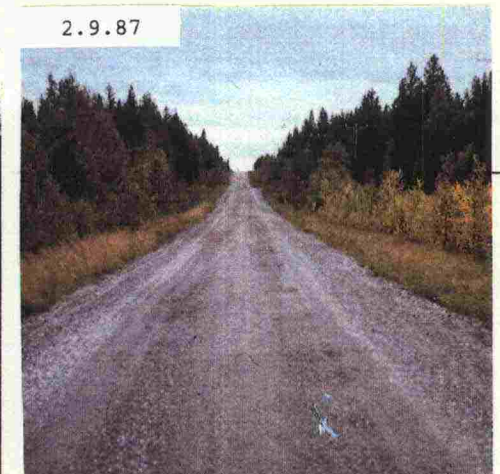
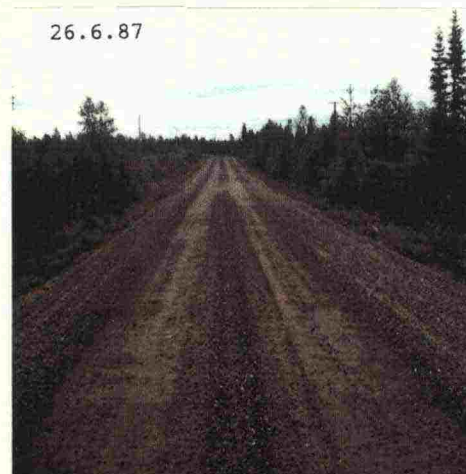
KOEALUE 12

SrM - kulutuskerros
kuivarunkoisella tiellä,
sivukaltevuus 5%,
tiivistämätön



KOEALUE 13

SrM - kulutuskerros
kuivarunkoisella tiellä,
sivukaltevuus 5%,
tiivistetty



10.5.88



21.7.88



10.5.88



21.7.88



10.5.88



21.7.88



10.5.88



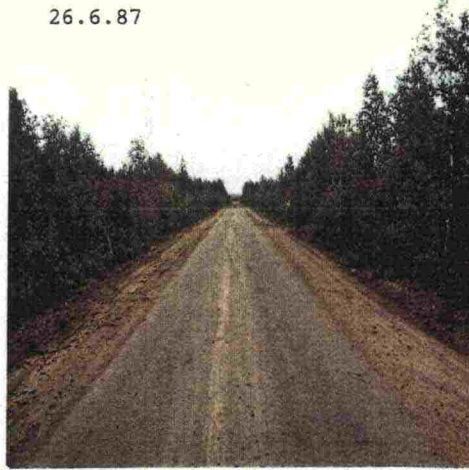
21.7.88



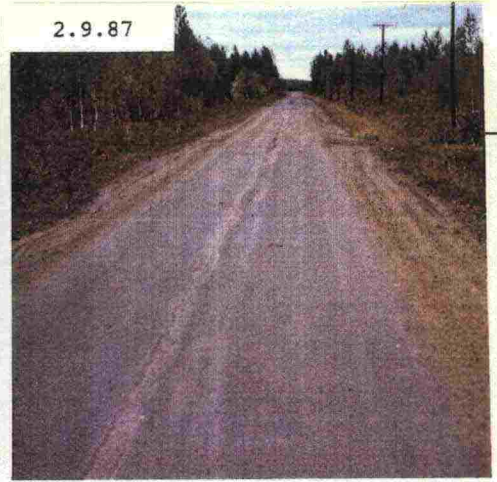
KOEALUE 7

MrM - kulutuskerros
kostearunkoisella tiellä,
sivukaltevuus 5%,
tiivistetty

26.6.87



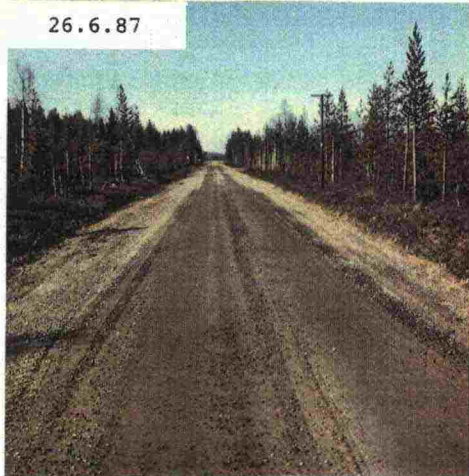
2.9.87



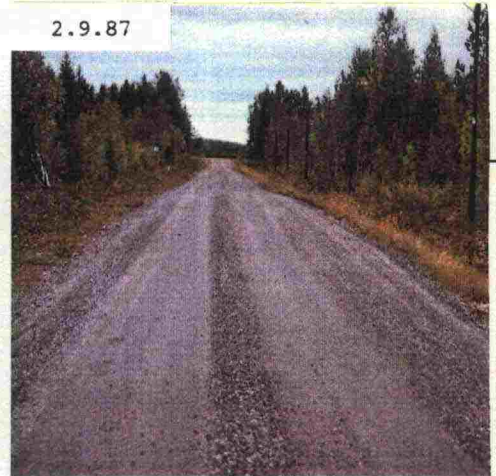
KOEALUE 17

SrM - kulutuskerros
kostearunkoisella tiellä,
sivukaltevuus 5%,
tiivistetty

26.6.87



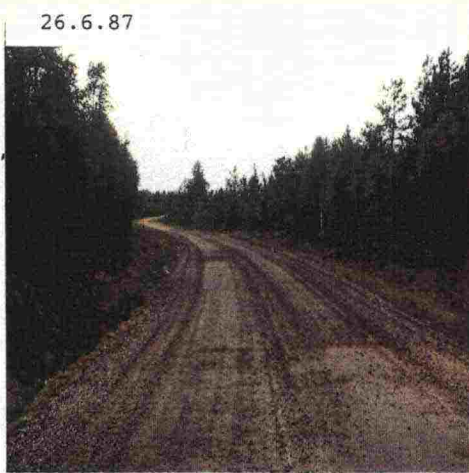
2.9.87



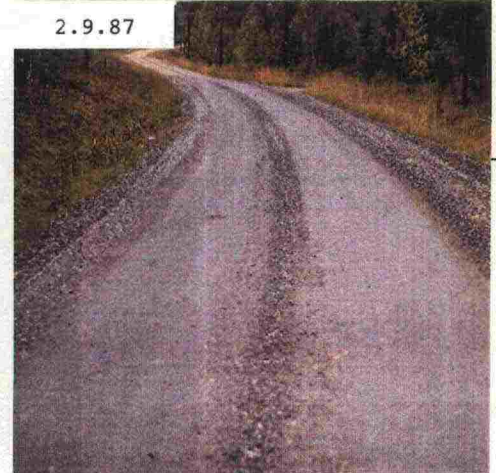
KOEALUE 18

SrM - kulutuskerros
kostearunkoisella tiellä,
yksipuolinen sivukaltevuus 5%,
tiivistetty

26.6.87



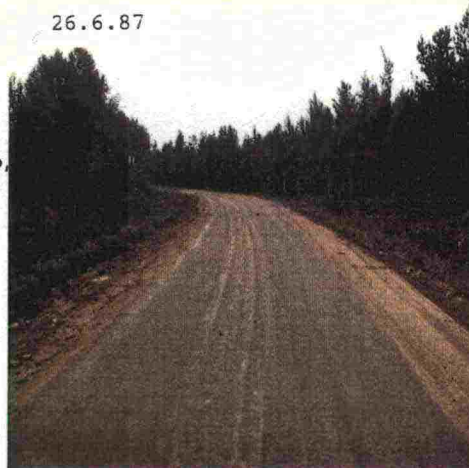
2.9.87



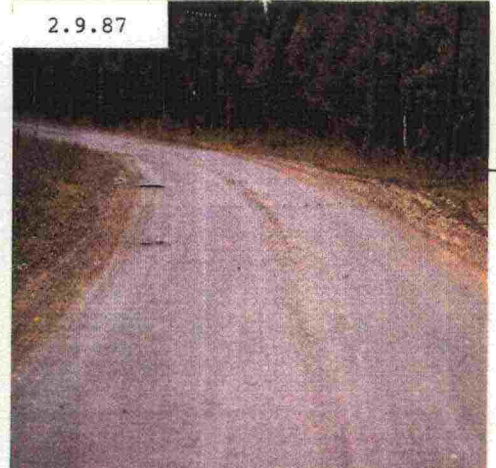
KOEALUE 8

MrM - kulutuskerros
kostearunkoisella tiellä,
yksipuolinen sivukaltevuus 5%,
tiivistetty

26.6.87



2.9.87



10.5.88



21.7.88



10.5.88



21.7.88



10.5.88



21.7.88



10.5.88



21.7.88



3.2 Rakeisuudet

Yhteenvedo rakeisuusanalyysistä on esitetty taulukossa 4.

RAKEISUUDEN MUUTOKSET KOEALUEILLA

Koealue	0,074 mm läp %		1 mm läp %		8 mm läp %	
	ajoura	reuna	ajoura	reuna	ajoura	reuna
1.Mr,kuivar,5%						
Kevät -87	14	13	56	58	93	90
Syksy -87	15	12	49	51	81	85
2.Mr,kuivar,5% tiiv						
Kevät -87	13		55		93	
Syksy -87	18	16	58	55	91	86
3.Mr,kuivar,2% tiiv						
Kevät -87	12	11	54	53	91	76
Syksy -87	16	15	53	52	85	81
4.Mr,kuivar,yksip,5% tiiv						
Kevät -87	13	18	53	71	92	95
Syksy -87	13	12	49	48	85	80
5.Mr,kuivar,yksip,5%						
Kevät -87	15	12	58	57	92	82
Syksy -87						
6.Mr,kost,5%						
Kevät -87	14	14	54	64	92	93
Syksy -87	16	15	51	49	81	80
7.Mr,kost,5% tiiv						
Kevät -87	14	16	55	76	92	93
Syksy -87	16	8	50	39	80	72
8.Mr,kost,yksip,5% tiiv						
Kevät -87	16	15	60	63	96	93
Syksy -87	18	7	54	39	85	72
10.Mr,rout,5%						
Kevät -87	15	19	47	63	85	92
Syksy -87	16	16	51	51	79	83
11.Mr,rout,5% tiiv						
Kevät -87	12	20	44	62	86	89
Syksy -87	16	16	50	53	81	81
12.Sr,kuivar,5%						
Kevät -87	12	10	62	58	89	95
Syksy -87	10	7	44	44	83	83
13.Sr,kuivar,5% tiiv						
Kevät -87	9	11	52	56	80	91
Syksy -87	8	10	39	38	73	70
14.Sr,kuivar,2% tiiv						
Kevät -87	14		61		97	
Syksy -87	13	12	49	48	85	80
15.Sr,kuivar,yksip,5% tiiv						
Kevät -87	15	14	56	57	95	86
Syksy -87						
16.Sr,kost,5%						
Kevät -87	15	14	53	53	91	84
Syksy -87	9	8	37	38	72	72
17.Sr,kost,5% tiiv						
Kevät -87	11	14	41	57	74	71
Syksy -87	10	8	41	39	78	72
18.Sr,kost,yksip,5% tiiv						
Kevät -87	15	16	55	60	90	90
Syksy -87	9	7	42	39	78	72
19.Sr,rout,5%						
Kevät -87	12	14	52	58	81	84
Syksy -87	9	7	41	41	77	75
20.Sr,rout,5% tiiv						
Kevät -87	14	14	53	53	92	83
Syksy -87	10	9	42	42	81	78

Taulukko 4. Näytteet otettu: Kevät 1987 otettiin 15.5.
Syksy 1987 otettiin 1.9.

3.3 Sivukaltevuudet ja ohenemat

Syksyn 1987 mittaustulosten sivukaltevuuksista ja ohenemista on esitetty taulukossa 5.

SIVUKALTEVUUDET JA KULUTUSKERROKSEN PAKSUUS SYYSKUUSSA 1987

Koealue Nro	Kaltevuus % Suunniteltu	Mitattu			Kulutuserros cm
		Oik.	Vas.	Ka.	
1.Mr,kuivar,5%	5	4,5	4,5	4,5	6
2.Mr,kuivar,5% tiiv	5	3	4	3,5	3,5
3.Mr,kuivar,2% tiiv	2	2	2	2	6
4.Mr,kuivar,yksip,5% tiiv	5	-	-	-	-
5.Mr,kuivar,yksip,5%	5	-	-	-	-
6.Mr,kostear,5%	5	4,5	5	4,75	8
7.Mr,kostear,5% tiiv	5	5	5	5	5
8.Mr,kost,yksip,5% tiiv	5	5	6,5	5,75	4,5
10.Mr,routivar,5%	5	3	5	4	3,5
11.Mr,routivar,5% tiiv	5	5	3	4	-
12.Sr,kuivar,5%	5	3	1,5	2,25	2
13.Sr,kuivar,5% tiiv	5	3	4	3,5	2,5
14.Sr,kuivar,2% tiiv	2	4	2	3	2
15.Sr,kuiv,yksip,5% tiiv	5	-	-	-	-
16.Sr,kostear,5%	5	5	4	4,5	3
17.Sr,kost,5% tiiv	5	6	4	5	3,5
18.Sr,kost,yksip,5% tiiv	5	6	4,5	5,25	2,5
19.Sr,routivar,5%	5	4	3	3,5	4
20.Sr,rout,5% tiiv	5	6	3	4,5	-

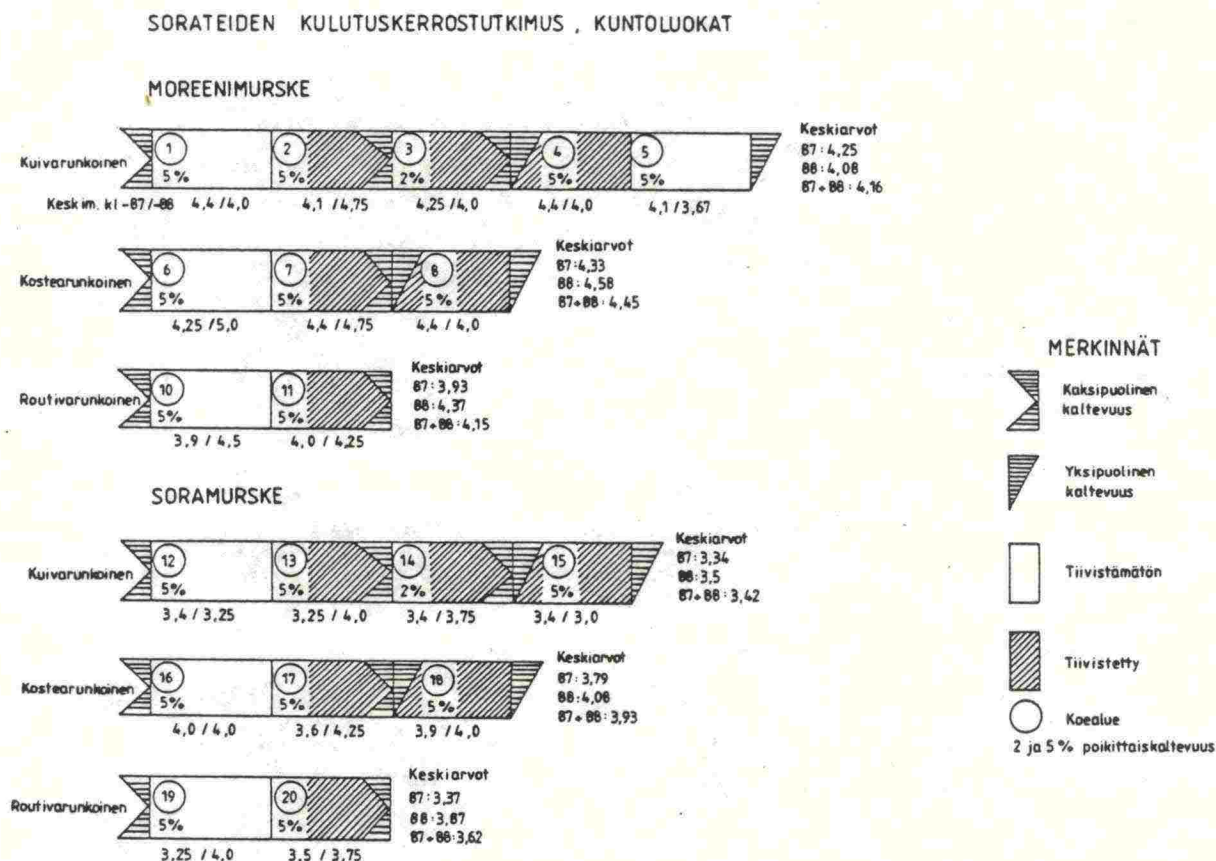
Taulukko 5. Koealueiden sivukaltevuus ja kulutuserroksen paksuus 3 kk rakentamisen jälkeen.

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Materiaalien vaikutus

4.1.1. Keskimääräinen kuntoluokka

Tutkimuksessa saatiin varsin selvät ja merkittävät erot Hietavaaran ja Pieni Silmäselän murskeille tarkasteltiinpa materiaaleja millä koealueella tahansa. Kuvassa 10 on koottu yhteen vetona keskiarvoja eri koealueiden kuntoluokista vuosina 1987 ja 1988.

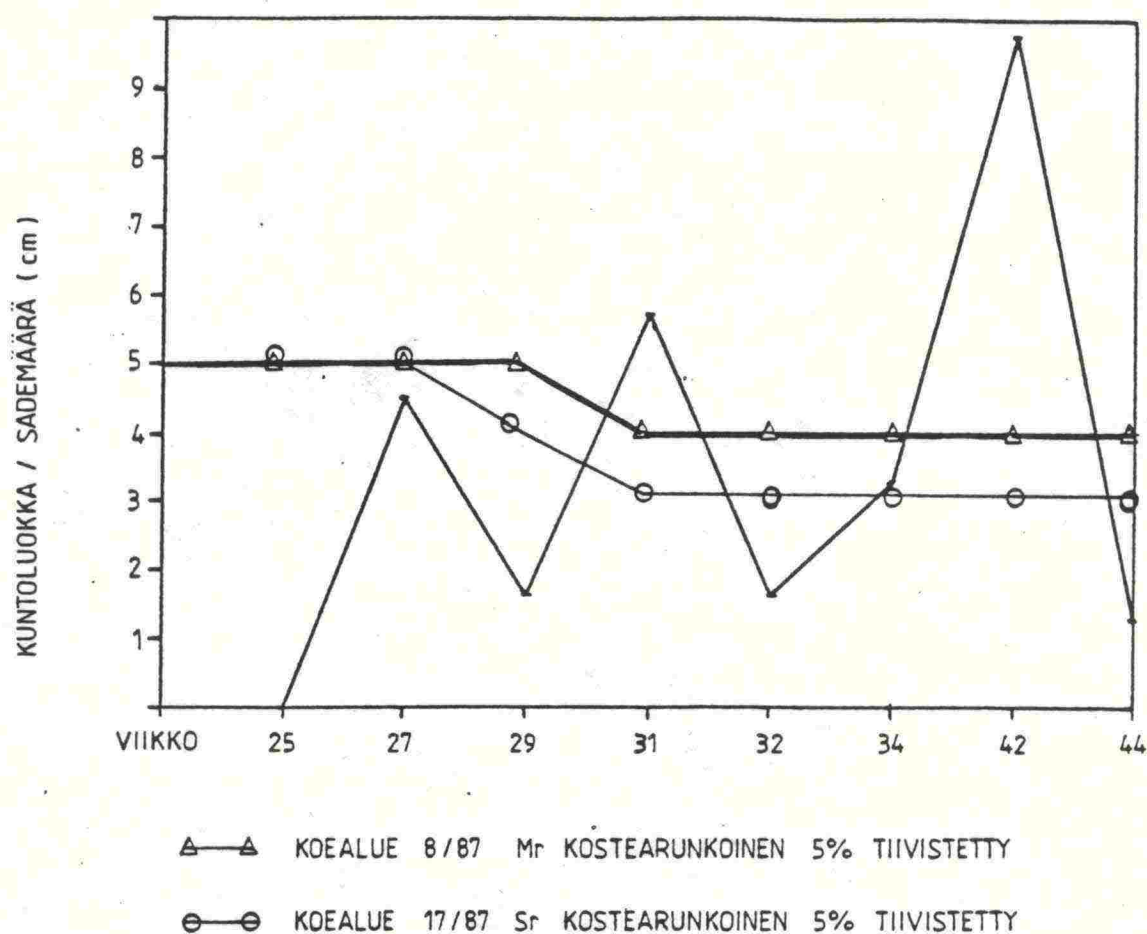


Kuva 10. Keskimääräiset kuntoluokat.

Pieni Silmäselän murskeista tehtyjen koealueiden keskimääräinen kunto oli seurantavuosina 4,26, kun vastaava luku oli Hietavaaran murskeilla 3,66. Selvimmät erot murskeilla saatiin kuivarunkoisilla teillä, mikä näkyy selvästi myös kuvasarjasta 8. Kostearunkoisella ja routivalla tieosalla sai Hietavaaran murske kosteutta tierungosta ja sitoutui tiehen selvästi paremmin. Parhaan yksittäisen koetuloksen antoi koealue 6, joka oli kesällä 1988 koko kesän luokassa 5 (ks. taulukko 2). Tätä tulosta voitaneen pitää merkittävänä.

4.1.2. Sadannan vaikutus kuntoluokkaan

Sadannan vaikutusta eri koealueiden kuntoluokkien muutoksiin ei tämän tutkimuksen mukaan voitu pitää merkittävänä. Tyypillinen sadannan ja kuntoluokkien kehitys koealueella vuonna 1987 on esitetty kuvassa 11. Sen perusteella ei voida osoittaa selvää yhteyttä sadantamäärien kasvulla ja kuntoluokan alenemisella.



Kuva 11. Sadannan vaikutus kuntoluokkaan.

Kuitenkin 1987 ja 1988 sadannan kokonaismääriä ja koealueiden keskimääräisiä kuntoluokkia vertailtaessa (ks. taulukot 2 ja 3 sekä kuva 10) havaitaan, että kuivempana kesänä 1988 kaikki koealueet ovat olleet selvästi parempikuntoisia.

4.1.3. Rakeisuuden muutokset

Rakeisuuden muutoksia kesän aikana tutkittiin vertaamalla syksyn 1987 näytteiden läpäisyprosentteja alkuperäisten näytteiden läpäisyprosentteihin. Yhteenveto vertailuista on esitetty taulukossa 6.

RAKEISUUDEN MUUTOKSET KUIVA-, KOSTEA- JA ROUTIVARUNKOISILLA KOEALUEILLA

Koealue		0,074 mm			1 mm				8 mm			
		syksy 87			syksy 87				syksy 87			
	ap	ajor	reuna	ka.	ap	ajor	reuna	ka.	ap	ajor	reuna	ka.
Mr kuivar	16	15,5	13,8	14,6	52	52,3	51,5	51,8	82	85,5	83	84,2
Mr kostear	16	16,6	10,0	13,3	52	51,6	42,3	47,0	82	74,6	74,6	78,3
Mr routivar	16	16,0	16,0	16,0	52	50,5	52,0	51,3	82	80,0	82,0	81,0
Mr koeal.ka	16	16,0	13,3	14,6	52	51,5	48,6	50,0	82	80,0	79,9	81,2
Sr kuivar	6	10,3	9,6	10,0	36	44,0	43,0	43,5	78	80,3	77,6	78,3
Sr kostear	6	9,3	7,6	8,5	36	40,0	38,6	39,3	78	76,0	72,0	74,0
Sr routivar	6	9,5	8,0	8,7	36	41,5	41,5	41,5	78	79,0	76,5	77,8
Sr koeal.ka	6	9,7	8,4	9,1	36	41,8	41,0	41,5	78	78,4	75,4	76,7

Taulukko 6. ap=alkuperäisen materiaalin läpäisy -%
 ajor=ajouralla olevan materiaalin läpäisy -%
 reuna=ajoradan reunalla olevan materiaalin läpäisy -%

Taulukosta voidaan todeta, että Pieni Silmäselän moreenimurskeen koostumus kulutuskerroksessa ei ole sanottavasti muuttunut yhden kesän jälkeen. Ainoa merkittävä poikkeus on kostearunkoisen tien reunanäytteet, jotka ovat muuttuneet selvästi karkeammiksi. Tämä johtunee karkean aineen suhteellisesta lisääntymisestä näillä koeosilla. Koska ajokaistojen kohdalla ei karkean aineksen köyhtymistä ole kuitenkaan merkittävässä määrin havaittavissa, on karkeutuminen saattanut tapahtua jo koe-tietä tehtäessä (ks. kappale 2.2).

Sen sijaan Hietavaaran murskeiden koostumuksen muutokset ovat merkittäviä. Murskeiden hienoainespitoisuus (0,074 mm läp. %) on noussut 6 %:sta 9 %:iin ja 1 mm:n läpäisyprosentit 36 %:sta 41,5 %:iin. Yli 8 mm:n materiaalin suhteellinen osuus ei kuitenkaan ole sanottavasti muuttunut. Murskeiden rakeisuuksien muutokset johtunevat kulutuskerroksen nopeasta ohenemisesta, jolloin hienoaineksen suhteellinen osuus kasvaa. Parhaiten prosessi näkyy kuivarunkoisen tien koekohteissa.

Hietavaaran murskeilla kuvattu ilmiö on yleinen myös muilla Lapin sorateilla. Tämä näkyy mm. tekn.yo Hilikka Piipon diplomityöstä (kuva 22 s. 80), jossa on vertailtu sorastukseen käytettyjen murskeiden keskimääräistä rakeisuuskäyrää vastaavien teiden kulutuskerrosten rakeisuuskäyriin. Asiaa on piirissä selitetty yleensä pohjamaan sekoittumisella kulutuskerrokseen, mutta tämän teorian sulkee pois se tosiasia, että hienoainespitoisuuden nousu oli yhtäsuurta myös kuivarunkoisella rakennetulla soratiellä, missä kulutuskerroksen alla on luonnonSORASTA tehty kantava kerros.

4.1.4. Ohenemat

Soratien kulutuskerroksen materiaalin laadulla on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu olleen selvä yhteys kulutuskerroksen ohenemiseen. Tässä tutkimuksessa kerrospaksuuksia mitattiin kuitenkin vain kerran (ks. taulukko 4), joten tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina.

Keskimääräiset kerrospaksuudet olivat syksyllä 1987 Pieni Silmäselän moreenimurskeella 5,2 cm ja Hietavaaran soramurskeella 2,8 cm. Mittaustuloksia tuki selvästi myös silmämääräinen tarkastelu, jonka mukaan esimerkiksi kuivarunkoisen tien koekohteilla oli kulutuskerrosmurske paikoin kulunut täysin pois jo syksyllä 1987 (kuva 12).



Kuva 12. Loppuunkulunut sorakulutuskerros. Kuva on otettu 3 kk kerroksen rakentamisen jälkeen. (Koealue 13.)

4.2 Tiivistämisen vaikutus

Tiivistämisen vaikutus keskimääräiseen kuntoluokkaan eri koealueilla on esitetty taulukossa 7. Taulukon tulokset antavat kuitenkin osin ristiriitaisen kuvan toimenpiteen merkityksestä, eikä selvää tilastollista näyttöä tiivistämisen parantavasta vaikutuksesta kulutuskerroksen kuntoon saatu. Parhaiten tiivistämisen merkitys näkyy yksipuolisen kaltevuuden omaavilla koekohteilla 4 ja 5, joissa tiivistetyn koekohteen keskimääräinen kuntoluokka oli 4,2 ja tiivistämättömän kohteen vastaava luokka 3,9.

TIIVISTYKSEN VAIKUTUS KUNTOLUOKKAAN

MrM-kulutuskerros

Kuivarunkoinen	87	88	ka.
Tiivistetty	4,25	4,25	4,25
Tiivistämätön	4,25	3,83	4,04

Kostearunkoinen			
Tiivistetty	4,37	4,37	4,37
Tiivistämätön	4,25	5,0	4,62

Routivarunkoinen			
Tiivistetty	4,0	4,25	4,12
Tiivistämätön	3,87	4,5	4,18

SrM-kulutuskerros

Kuivarunkoinen			
Tiivistetty	3,33	3,58	3,45
Tiivistämätön	3,37	3,25	3,31

Kostearunkoinen			
Tiivistetty	3,75	4,12	3,93
Tiivistämätön	4,0	4,0	4,0

Routivarunkoinen			
Tiivistetty	3,5	3,5	3,5
Tiivistämätön	3,25	4,0	3,62

Taulukko 7. Tiivistyksen vaikutus kuntoluokkaan.

Tiivistämisen merkitystä ei kuitenkaan voitane väheksyä varsinkaan silloin, jos kulutuskerros rakennetaan sellaisesta murskeesta, jossa kitkan lisäksi kantavuuteen vaikuttaa koheesio. Tällöin rankkasateen vaikutus tiivistämättömään kulutuskerrokseen saattaa olla tuhoisa. Tässä tutkimuksessa koealueiden rakentamisen ja kevätkunnostuksen jälkeen sääolosuhteet olivat kuitenkin suotuisat ja tästä syystä eroja ei päässyt syntymään.

Toinen tiivistämisen merkitystä korostava seikka jäi tässä tutkimuksessa aineiston vähäisyyden vuoksi tarkastelematta; eli mikä merkitys tiivistämisellä on kulutuskerroksen ohenemiseen? Koealueista ja piirin muista vastaavista kokeiluista on vedettävissä kuitenkin johtopäätös, että tiivistäminen ohjaa autoilijat käyttämään tiealuetta laajemmin, eikä kuluvia ajo-uria synny kovin helposti. Samoin karkea kiviaines pysyy paremmin kulutuskerroksessa, eikä liikenneturvallisuutta haittaavia irtokiviä synny.

4.3. Sivukaltevuuksien merkitys

Sivukaltevuuden merkitystä sorateiden kulutuskerroksen kuntoon ja kestävyYTEEN selvitettiin tässä tutkimuksessa varsin vähäisin kokein (ks. kuva 6). Yhteenvedo tutkimuksista on esitetty taulukossa 8.

Koealue Nro	1987	1988	ka
2. Mr, kuivar, 5 % tiiv.	4,1	4,75	4,43
3. Mr, kuivar, 2 % tiiv.	4,25	4,0	4,13
13. Sr, kuivar, 5 % tiiv.	3,25	4,0	3,63
14. Sr, kuivar, 2 % tiiv.	3,4	3,75	3,58

Taulukko 8. Sivukaltevuuden merkitys koealueiden keskimääräiseen kuntoluokkaan.

Tulosten mukaan sivukaltevuuden muutoksella 2 %:sta 5 %:iin ei sorakulutuskerroksilla ole sanottavaa merkitystä sorateiden keskimääräiseen kuntoon. Moreenikohteissa erot olivat selvemät; tosin vuoden 1987 tulokset antoivat päinvastaisen tuloksen. Vertailukohteena olisikin ehkä voinut olla 0-1 %:n kaltevuuden omaava tie, joita niitäkin löytyy soratieverkoltamme.

Yleisesti sivukaltevuudella Lapin soratiestöllä on suurin merkitys syksyn sateiden aikana, jolloin tierunko säilyy talven pakkasten varalle mahdollisimman kuivana ja seuraavan kevään kevätkelirikko on vastaavasti helpompi. Tämän seikan tutkimus vaatisi kuitenkin omat koejärjestelynsä.

5. Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa selvitettiin Lapin soratietyypeille sopivia kulutuskerrosmurskeita sekä erilaisten kunnossapitotoimenpiteitten merkitystä soratien kuntoluokkaan ja kulutuskerroksen kestoikään. Tutkimuksessa käytetyt murskeet olivat Pieni Silmäselän moreenimurske sekä Hietavaaran soramurske. Kunnossapitotoimenpiteinä vertailtiin tiivistämisen sekä sivukaltevuuksien merkitystä.

Tutkimustulosten mukaan korkean hienoainespitoisuuden omaava Pieni Silmäselän moreenimurske oli selvästi parempi Hietavaaran alhaisen hienoainemäärän omaavan soramurskeeseen verrattuna kaikentyyppisillä koealueilla. Suurimmat erot moreenimurskeiden hyväksi saatiin kuivarunkoisilla, rakennetuilla soratiekohteilla. Parhaimmillaan Pieni Silmäselän moreenimurskeesta tehdyt koealueet pysyivät kuntoluokassa 5 koko kesäkauden ilman, että mitään kunnossapitotoimenpiteitä tarvitsi tehdä. Myös moreenimurskekulutuskerrosten keskimääräinen kulumisen oli selvästi pienempi soramurskeiden kulumiseen verrattuna.

Kulutuskerrosmateriaaleja tutkittaessa vertailtiin lähinnä hienoaineksen määrän vaikutusta sorateiden kulutuskerroksen laatuun. Veden adsorption avulla mitattuna hienoaineksen laadut eivät juurikaan poikenneet toisistaan, tosin Pieni Silmäselän murskeen hienoaineksen veden adsorptioluku oli Lapin yleisiin mittaustuloksiin verrattuna alhainen. Se onko materiaali murskattu sorasta vai moreenista ei sinänsä vaikuta asiaan; rakeisuus ja hienoaineksen laatu ovat ratkaisevia seikkoja. Mikäli tarpeeksi kivistä murskauskelpoista moreenia ei kyetä löytämään saadaan paras tulos suhteuttamalla soramursketta ja hienoainesrikasta moreenimursketta. Myös sepelin käyttöä on joissakin tapauksissa syytä harkita. Lisäksi etenkin hienoainesrikkaita kulutuskerrosmateriaaleja käytettäessä on syytä muistaa, ettei kulutuskerrosta rakenneta liian paksuksi.

Tiivistämisen ja sivukaltevuuksien merkitystä kulutuskerroksen laatuun ja kestoikään ei tässä tutkimuksessa voitu selvästi osoittaa johtuen ehkä osaltaan pienehköstä tutkimusaineistosta. Ilmeistä on kuitenkin, että tiivistäminen on tärkeää erityisesti koheesiota omaavia moreenimurskeita käytettäessä. Sivukaltevuuksien merkitys puolestaan korostunee loppusyksyn saateisina viikkoina ja se heijastuu puolestaan tien kunnossa kevään kelirikkoaikana.

Nyt tehty tutkimus osoittaa selvästi, että sorateiden kulutuskerroksen materiaalin huolellisella valinnalla voidaan sorateiden laatuluokkaa nostaa selvästi nykyisestään. Vähentyvien kunnossapitotoimenpiteiden ja kerrosten kestoiän kasvamisen myötä voidaan samalla saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä sekä kunnossapidon rahoituksessa että tienkäyttäjien säästyvien polttoainekustannuksien osalta.